植物分类学报
第18卷 第4期　ACTA PHYTOTAXONOMICA SINICA　1980年11月

化学分类学的新进展

胡昌序　王蜀秀
(中国科学院植物研究所)

THE RECENT ADVANCEMENT IN PLANT CHEMOTAXONOMY

HU CHANG-XU　WANG SHU-XIU
(Institute of Botany, Academia Sinica)

自从1968年召开了第一次"化学分类学和血清分类学"讨论会以来,化学分类学得到了长足的进展。1979年7月在伦敦又召开了一次化学分类学的原理和实践的讨论会,检阅了化学分类学的工作,但有关这次会议的文集尚未见到。

分类学家关心的是如何把有机体之间相互关系的自然基础认识得更正确些,安排分类单位时更自然些,这就要求认识更多的特征来加以判断。因此,化学特征也就逐渐地为人们所重视。化学资料的广泛应用,标志着近年来分类学证据来源认识范围的扩大。实际上,这一认识范围的扩大起始于17世纪。近代植物化学分类学是从20世纪50年代以后发展起来的,60年代这方面的工作逐渐增多,到70年代中后期,达到了新的高峰。这一阶段的特点是人们的兴趣集中在植物的次生成分上。但是,对次生成分的研究过程中,逐渐地认识到它受环境变化和发育变化的影响极大,而且,它的存在有可能反映趋同演化的分布。这样,人们逐渐地感到应该重视次生化合物生物合成途径的研究。另一方面,生物化学方面的工作也渐趋增多。

为了考察近年来化学分类学的发展,我们分两方面来讨论:一、次生化合物的分布及其对分类学的意义。二、生化方面的工作对植物分类学的意义。

一、次生化合物的分布及其对分类学的意义

近二十年来,用化学资料来证实或修订根据其他证据所确立的分类法方面的工作,数量相当多。据不完全统计,从1958年至1977年用各类化合物所做的化学分类的工作报道约为332篇,以1975年为最多,约95篇左右。同一时期我国所做的与其有关的工作报告为5篇,由于种种原因我们有很多工作没有见报,因此,统计也极不完全。

植物体内的小分子化合物,过去一直被人认为是代谢的废物,它在体内是没有一定功能的。因而,它的特征在遗传上的稳定性和它们作为分类学依据的可靠性都受到怀疑。但是,近年来的工作表明:小分子化合物(过去称为次生化合物)在植物体内具有一定功能,有的还返回到代谢过程中去。当然,有的小分子化合物在植物体内的作用,目前还不十分清楚。但是,总的来说,如生物碱具有保护自身免除摄食;黄酮类化合物具有对光的滤过作用和代谢过程中的激素作用;萜类化合物具有拒斥和引诱作用,还具有对本身的保护作用;油脂、糖类等化合物明显地具有贮存作用。这些化合物的存在与否,显然是自然

选择的结果，决不是代谢的废弃产物。它们产生的多少也是比较固定的，因此，它也是受遗传基因控制的。这种认识使小分子化合物在化学分类学中的地位得以巩固。

例如，莎草科，尤其是莎草属的分类，经常令人感到困惑。Allan, R. D. 等人(1978)用醌类化合物的色素来作莎草属的分类标准。他们以11种醌类色素为标准对莎草科的分类作检查，发现该科的单种属 Remirea maritima 原被 Kükenthal 放在 Rhynchosporideae 亚科中。但是，Rhynchosporideae 亚科的其余种均不含有醌类色素，而 Remirea maritima 却含有大量的醌类色素。因此，作者支持 Kern 等人的主张把该属放在靠近富含醌类色素的莎草属附近的 Scirpoideae 亚科中。在莎草属中，Kükenthal 把它分成四个亚属，它们的位置是 Eucyperus—Pycreus—Mariscus—Kyllinga。但是，根据醌类化合物的研究表明这四个亚属中 Eucyperus 和 Mariscus 两个亚属具有醌类色素，而 Pycreus 和 Kyllinga 两亚属却没有。因此，作者从植物化学的研究支持 Clarke 把 Pycreus 和 Kyllinga 两亚属安排在靠近的位置。Kükenthal 把 Eucyperus 亚属分成15个组，其中 Distantes 组和 Mariscus 亚属(7个组)中的 Strigosi 组含有同样的醌类色素 (Scabequinone 和 dihydroscabequinone)。所以，作者认为这两个组不应该分得那末远。另外，从植物化学资料来看，dihydrocyperaquinone 是 Cyperaquinone 的前体，因此，可以认为含有 dihydrocyperaquinone 的是原始的，而含有这一类化合物的一共是四种，它们是 C. alopecuroides, C. platystylis, C. alternifolius 和 Remirea maritima。因此，化学资料与 Bentham 认为 C. platystylis 是原始的，并且把 C. platystylis 和 C. alopecuroides 放在一起的主张相一致。从这个工作来看，植物化学的资料在很多方面为形态分类还不能最后决断的问题提供了佐证。

Giannasi, D. E. (1978) 根据黄酮类化合物的分布对榆科中朴亚科和榆亚科中属的处理作了研究。作者用了约80个种的叶子样品，作了黄酮类化合物的色层分析。分析表明，在这一科中黄酮类化合物可分为两大类：黄酮醇甙元(如山奈黄素、槲皮黄素和杨梅黄素)和葡基黄酮(如芹菜甙元、黄色黄素和金圣草黄素-C-甙)。有趣的是这两种化合物类型不会在同一分类单位中同时出现，因此，是一个很理想的分类特征。属于含黄酮醇的有 Ulmus, Holoptelea, Hemiptelea, Zelkova, Planera, Phyllostyllon, Mirandaceltis, Chaetoptelea, Ampelocera, Aphananthe 和 Barbeya 等属；含葡基黄酮的属有 Celtis, Pteroceltis, Trema, Parasponia, Lozanella, Chaetachme 和 Plagioceltis 等。作者共分析了 Gironniera 属的8种植物，其中3个种属于黄酮醇类，5个种属于葡基黄酮类型。从榆科各属黄酮类化合物的归类来看：

1. 各属的黄酮类型的归属基本上与 Grudzinskaya (1965) 的分类法一致。

2. 在经典分类法难以处理的属，如 Chaetoptelea, Mirandaceltis 和 Plagioceltis 等，根据黄酮类型的不同有了明确的归属，为其他方面的研究提供了线索。

3. 从其他方面要进一步探讨的有 Ampelocera 和 Aphananthe 属；至于 Gironniera 属很可能应该分为两个属，也需进一步确证。

该例充分表明黄酮类化合物在榆科分类中是一个出色的特征，它不仅提供了分亚科(或科)的标准，而且还提供了分属(如 Gironniera) 和分亚属(如 Ulmus) 的标准。

但是，并不是所有的小分子化合物都那么明显和特异。他们也有表型一样，而生物合成路线不同的，下面就是一例。

Romeike, A. (1978) 就莨菪烷类生物碱在被子植物中的分布来讨论它们在系统学上的价值。莨菪烷类生物碱存在于被子植物的很多科中，它们是：旋花科、十字花科、薯蓣科、杜英科、古柯科、大戟科、兰科、山龙眼科、红树科和茄科，尤以茄科为集中。但是，作者通过生物合成的途径研究发现有如下几个特点：

1. 莨菪烷类生物碱在植物中通常是以酯的型式而存在的。在茄科中，莨菪烷类生物碱是与托品酸或由莨菪烷衍生的氨基醇有关的酸相结合的酯。在其他科中是与其他酸酯化的。托品酸只以酯化状态在茄科中被发现。

2. 在茄科中莨菪烷衍生物没有在 C_2 位上被置换的，但在古柯科、杜英科和山龙眼科中都有 C_2 位上被置换。

3. 古柯叶液碱 (hygrine) 型和莨菪烷型生物碱往往是同伴发生的。但是，它们在茄科中是在根中发生，在古柯科和旋花科中它们却在叶中发生。

4. 海格洛林 (hygroline) 只在古柯科和十字花科的叶中发生，在茄科中没有出现。

这一工作只以初步的生物合成路线的探讨来看某一类物质的存在能不能笼统地算作一种分类学和系统学特征。从这项研究可以看出：尽管各类植物的末端产物可能是相同的，但是，他们的合成路线是不同的，因此，它们不能列为分类上有亲缘关系的类群。

结合植物学特征来考虑化学特征的可用性，这是化学分类学中一种值得称道的做法。Mabry 关于 Ambrosia 属的工作就是一例。最近，Seaman 和 Mabry (1979) 关于 Ambrosia 属北美一些种的种间关系探讨，就是结合染色体数和形态特征加以讨论的。虽然，有些方面还不能密切地配合起来，但是一些种间关系的调整，显然是与植物学特征一致。同时，他们也注意到生源途径这一很关重要的特征。他们根据以前 (Mabry, 1970) 对 Ambrosia 的研究认为该属在北美的一些种的种间关系应该调整，作者着重讨论了其中三个组，其中第一组(包括 A. deltoideae 和 A. chenopodifolia 等 7 种)和第二组(包括 A. chamissonis 等 6 种) 从形态上看是有明显的区别特征。而在倍半萜内酯上也有各自独特的证据。这两组都有杰玛克郎类化合物 (germacranolides) 的存在，但是，第一组产生伪愈疮内酯 (pseudoguaianolides) 和裸水苏内酯类化合物 (psilostachyanolides)；第二组则产生桉叶内酯类化合物 (eudesmanolides)，这就说明这两个组在以杰玛克郎 (germacrane) 为前体的条件下分成两条不同的合成途径。一条是以第一组为代表，由焦磷酸麝子油酰 (farnesyl) 到愈疮内酯为基础的环结构；而另一条是由第二组所代表的，形成以桉叶内酯 (eudesmane) 为基础的环结构。这样，根据形态特征为基础分成两个类群，也得到化学特征的充分支持。第三组除一种以外完全缺乏形成倍半萜内酯的能力，说明这一组在化学特征上也是比较一致的。但是，作者认为，根据化学特征的不同，再来检查其他植物学特征，得出有必要对 A. camphorata, A. chamissonia 和 A. acanthicarpa 等三种的位置作重新安排。原来考虑 A. camphorata 属于第一组，但它产生桉叶内酯类化合物，这类化合物恰恰是第二组的特征，柱头及叶形特征也与第二组相似，因此应归入第二组。A. chamissonia 以前把它放在与第二组和第三组都有关系的位置上，但是，从化学上看，它产生杰玛克郎类化合物 chamissanthin，第三组是不产生任何倍半萜内酯的，因此，应该属于第二组。形态特征亦支持这点。最后，第三组中只有 A. acanthicarpa 一种产生杰玛克郎类化合物伪愈疮内酯类化合物，愈疮内酯类化合物和裸水苏内酯类化合物，显然它不属于第三组而应列入第一组。

这样，根据化学特征上的检测，重新检查根据形态学或其他特征而使种间关系得到进一步调整，使 Ambrosia 属中各种的系统发育位置更接近自然。

用次生化合物来做化学分类方面的工作是不胜枚举的。到目前为止，它虽然有像 Hegnauer (1973)，Gibbs (1974) 等人的巨著，但是，大部分工作只关系到70余个科，这与种子植物的总科数来说相差很远。因此，尚有大量的工作有待进行。

二、生化方面的工作对植物分类学的意义

1. 血清学研究： 植物分类学中应用大分子化合物进行研究的，首先要提到的是血清学。这一工作的历史相当长，自从 Nutall (1901) 首创血清学方法以来，一些学者做了不少工作。关于早期的工作，Chester 已作过充分的评述。1945年前后，Oudin 和 Elek 创立了使血清反应在凝胶上进行。后来，Ouchterlony, Grabar 和 Williams 等人，使这方面的工作得到了改进。目前，它已成为植物分类学和系统学研究中的一种既便宜又快速的方法。它所研究的范围很广，涉及的分类单位从杂种来源、种间关系，一直到科间关系的探讨。

Gray, G. C.(1977)用烟草属(Nicotiana)的61个种的叶子匀浆提取出蛋白质组分 I 他用血清学方法所得到的该属各种的分类学与用形态学和细胞遗传学标准所得的对烟草属分类的修订 (Goodspeed, 1954)相一致。他用 N. glauca、N. glutinosa、N. gossei 和 N. tabacum 四个种的蛋白质组分 I 注射到兔子身上使之产生抗体。然后，抽取其抗血清，在琼脂凝胶上对该属的三个亚属：Rustica (3组19种)，Tabacum (2组6种)，Petunioides (9组46种)做了试验。一般来说，根据形态学和细胞遗传学标准所划分的组，基本上与血清学所得出的结果相符。此外，同一组内各物种所表现出来的血清学反应是一致的。例如：Petunioides 亚属中 Suaveolentes 组尤为明显，19个种所表现出的血清反应完全一样。但也发生了一些与形态学和细胞遗传学一样的难题，如 Alatae 组中的 N. sylvestris 和 Paniculatae 组中的 N. glauca 等是与本来的分组不同的。但这种难题也提出了一种新的研究课题。例如，关于 N. sylvestris 的蛋白质组分 I 的血清学研究表明它更接近于 Tabacum 亚属。它的组分几乎与 N. tabacum 没有区别，这样，进一步证实 N. tabacum 是一个杂交种的双倍体 (amphiploid)，它的母本是 N. sylvestris，父本是 N. tomentosiformis (Gray et al., 1974)。通常在发生双倍体的物种时，杂交种内蛋白质的亚单位组成发生改变而成一个新的类型。在这个新物种中，蛋白质组分中大的亚单位是由母本来的，它组成蛋白质组分 I 的75%。小的亚单位是由两亲本来的(其中一半是由母本来的) (Kung, et al., 1975)。N. tabacum 的血清学表明大约有90%的蛋白质组分 I 类似于母本N. sylvestris。因此，根据血清学研究，人们能够得到一个杂交种起源的认识，这远比早期用经典杂交方法要快速而有目的得多。与此相类似的另一个研究是 Rouge, P. 和 Lascombes, S. (1977) 对相思子 (Abrus precatorius) 所做的试验，他们所取的是植物血球凝集素[或称植物血胶精 (phytohemagglutin)]，这是一种不常见的拟球蛋白。它可使红血球凝聚，在豆科植物中是特别典型的。Pouge 和 Lascombes 发现相思子的血球凝集素与 Viciae 族植物血球凝集素所产生的抗血清并不起反应。同时，他们发现相思子所产生的血球凝集素与人的糖蛋白和兔子血清相结合的能力，与香豌豆属 (Lathyrus)、兵豆属 (Lens)、豌豆属(Pisum)

和野豌豆属（Vicia）等的血球凝集素所表现的不同。因此，应属于另外一个族——相思子族(Abrae)，不属于野豌豆族（Viciae)。这一点与 Hutchinson 的分类是完全一致的。

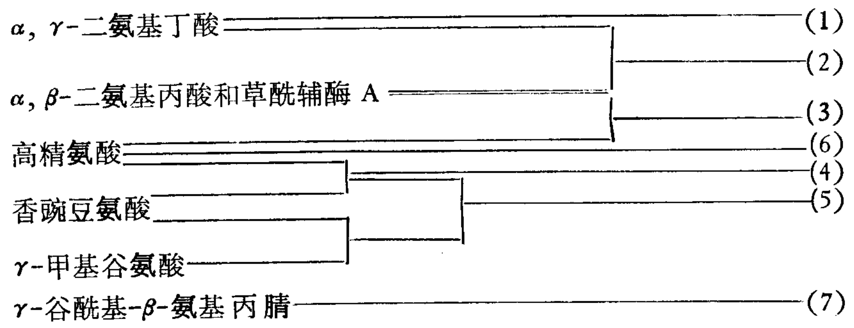
由于单子叶植物中 Flagellariaceae、Hanguanaceae 和 Joinvilleaceae 三个科的演化位置在分类学界很有分歧，例如，Lowe（1961）认为 Flagellariaceae 是相对原始的;而另一些学者（Chanda, 1966; Takhtajan, 1969; Clifford, 1970）认为它是禾本科后裔的现代代表。为了研究它的演化位置，马来西亚学者 Lee, D. W., Yap Kim Pin 和 Liew Foo Yew (1975) 用它们的种子蛋白做血清学研究。他们所用的材料除了这三个科以外还有莎草科、禾本科和灯心草科的种子蛋白，用 Flagellaria 和 Joinvillea 作抗血清。结果表明它们之间缺乏血清一致性。因此认为：血清学的结果支持 Tomlinson 和 Smith（1970）成立三个单属的科 Flagellariaceae, Hanguanaceae 和 Joinvilleaceae 的意见。

Aniol, A.A.（1974）曾在小麦的演化历史方面利用血清学方法做了研究。血清学研究为探索植物的演化历史提供了极为有利的条件。因为关于植物方面的化石记录远比动物为少,在研究演化历史、系统发育方面有很多困难。

血清学的研究还存在一定的困难,因为它涉及到蛋白质提取,实验动物的选择以及沉淀反应的判断等。所以，它的发展还不太快，近年来做过血清学工作的科有：毛茛科、十字花科、豆科、马桑科、伞形科、茄科、忍冬科、葫芦科、禾本科、唇形科和茜草科等。

2. 氨基酸研究： 自从 1806 年分离出天冬酰胺以来,寻找植物组织中的氨基酸就成为植物生物化学界的一种追求对象。但是,最初发现的都是一些构成蛋白质的氨基酸,后来在刀豆属（*Canavalia*）中发现有刀豆氨酸（canavanine）以来,纸层析的发明,使人们发现植物组织中有大量的非蛋白质氨基酸，现在估计已有二百多种。由于蛋白质氨基酸的分布极广,没有间断,而且,它们的产生与植物组织的代谢状态有着密切联系。因此,它的分类学价值远不如分布分散、有间断的非蛋白质氨基酸。此外,非蛋白质氨基酸对于代谢的快速变化不敏感,所以,它们更受分类学家的重视。由于植物种子中所集中的非蛋白质氨基酸要比营养器官中的多,所以,这方面的工作主要集中在种子提取物方面。

用氨基酸做分类工作起始于 Reuter, G.（1957)。他鉴定了 50 个科的氨基酸,并认为它们可能具有系统学意义。Bell, E. A.（1966）用香豌豆属（*Lathyrus*）中的 6 种氨基酸：α, γ-二氨基丁酸，高精氨酸，γ-谷酰基-β-氨基丙腈，α, β-二氨基丙酸和草酰辅酶 A，香豌豆氨酸和 γ-甲基谷氨酸把香豌豆属的 49 个种分成 7 个组,如果以检索表形式表示的话,那末这 7 个组就是:



Fowden 等人（1970）用七叶树属（Aesculus）植物的种子中两组结构上相关的非蛋白

质氨基酸的分布来考察该属的分类。他一共选用了11个种及杂种，以11种氨基酸为对象进行分析。这些氨基酸是2-氨基-4-甲基4-己烯酸（IIa），2-氨基-6-羟基-4-甲基-4-己烯酸（IIa），γ-谷酰基缩氨酸（IIc）；2-氨基-4-甲基己酸（III），β-甲基-β-(甲酰环丙基)丙氨酸（IV），顺-α-(羧基环丙基)甘氨酸（VII），顺-(挂)-3,4-甲撑脯氨酸（VIII），反-α-(羧基环丙基)甘氨酸（IXa）及另外三种（A、B、C）还不完全了解的氨基酸。分析结果表明种之间氨基酸组成的不同与 Hardin（1960）所分的亚属组相一致。同一组内的种是密切相似的。这五个组中，Aesculus 组只产生 A, B; Pavia 组产生 VII, IXa, B, C; Parryaneae 组产生 VII, IXa, A, B, C; Macrothyrsus 组产生 VII, VIII, IXa, A, B; 最后一组 Calothyrsus 则产生 IIa, IIb, IIc, III, IV 或者是 IIc, III, A, B。这样，可以根据氨基酸存在的组合而鉴定是属于那个组的种。

用氨基酸做过分类工作的科不多，如豆科、牻牛儿苗科、七叶树科、锦葵科、桃金娘科、葫芦科和禾本科。

3. 蛋白质和酶的研究： 大分子化合物作为分类学特征方面大量的工作是蛋白质。除了我们上面提到的用血清学方法之外，还有直接用蛋白质做电泳分析来比较种类之间蛋白质的异同。这主要是根据凝胶上蛋白质颗粒在电场影响下两电荷各向其异性方向移动，根据分子大小和分子电荷大小而不同的蛋白质有不同的移动距离，这样形成一幅蛋白质的区带谱。不同种含有不同的蛋白质，因而，所出现的区带谱也就不同。据此加以分类、归并或识别。目前分类学家常用的是聚丙烯酰胺凝胶。

Desborough 和 Peloquin（1969）用酸性凝胶使茄属15个种的块茎蛋白进行电泳分离，一共产生14条区带。每一个种具有自己独特的区带，这样使蛋白质型，具有属内分类的特征意义。但是，在这方面也有些不太理想的报道。Crawford, D. J. 和 Julian, E. A.（1976）用藜属（*Chenopodium*）的7个种的水溶性种子蛋白来作分析，发现要根据蛋白质来把 C. desiccatum、C. atrovireus 和 C. prastericola 区分开是不容易的。虽然，它们在黄酮类化合物和其他特征方面具有明显的不同。

如前所述，与血清学方法一起，蛋白质的研究在分类学上已成为一支异军突起，和小分子化合物中的黄酮类一样使人热衷。作过这方面工作的科有：桦木科、藜科、十字花科、豆科、槭树科、锦葵科、茄科和禾本科。

蛋白质不仅可以在分类学工作中作为分类的标准，利用氨基酸的顺序分析，亦可在系统发育上做出适当贡献。现在有很多研究集中在细胞色素C的氨基酸顺序分析上。它是一种比较广泛分布的蛋白质，氨基酸的组成上也只有100多个，是较小的一种蛋白质，因此就被用来作分类的标准。但是到目前为止，在高等植物方面的工作还少，可能只有15—20个氨基酸基团的不同。因此，在种和属这一级上看来，分类学意义不大。在系统学方面，Boulter 和他的同事们做了不少工作，他们采用氨基酸顺序分析仪对分属于12个科的15种植物的细胞色素C作了氨基酸顺序分析，画出了一张12个科的系统发育树。这方面的工作也正在吸引着不少的人。但是，要得出比较满意的结果，还需深入研究。

在蛋白质工作中，一项很有意思，而且近来发展得比较快，就是用植物体内所含的酶来作分类的标准。即把植物体内酶的提取物在一定介质下进行电泳，然后进行染色，产生一个酶谱。这样来区别和归并一些植物种类。这方面常用的是过氧化氢酶，过氧化物酶

以及酯酶。Lee, D. W 和 Fairbrother, D. E.（1973）用区带电泳法，等电聚焦法以及酶测试法分析了相邻地区的香蒲属（Typha）的三个种群中酶的变化。发现宽叶香蒲（Typha latifolia）、T. ×glauca 和水烛（T. angustifolia）幼苗中的酯酶同功酶的分析表明每一个种群之间很少变化或没有变化。并且，根据花粉和幼苗中酯酶、苹果酸脱氢酶、谷氨酸脱氢酶和乙醇脱氢酶的分析表明：T. ×glauca 是这相邻的两个种群的杂交产物，杂种具有比亲本更多的同功酶，这些酶的特异性比亲本要低。另外，Kobrehel, K. 和 Gautier, M. F.（1974）用小麦中的过氧化物酶作标准，对小麦（Triticum aestivum）的几个野生变种的种子作了比较。发现这些野生变种可以分为两组，一组是有两种主要的过氧化物同工酶，而另一组有三种，这两组类型分别由两个染色体组来控制它们的过氧化物酶合成，它们是遗传的特征。而 T. durum 的变种所具有的过氧化物酶的酶谱与 T. aestivum 的不同。此外，他们把由法国五个地方采集来的 T. durum 的两个变种的样品作了分析。发现每个变种的每个样品都表现出相同的过氧化物酶的酶谱。因此，作者们认为环境对过氧化物同功酶没有影响。这种酶的特征是稳定的，对分类学上的应用将是有价值的。

关于酶学的工作目前还不多。主要是在豆科、茄科、菊科、香蒲科和禾本科中做了一些，尤其是禾本科。

4. 核苷酸的研究： 1953 年 Watson-Crick 发现 DNA 的双螺旋结构以来，DNA 中核苷酸的顺序决定着有机体的形状、结构和生理学这方面的认识也愈来愈明确了。这也使人们愈来愈憧憬用 DNA 来作为分类的标准。DNA 在分类上的应用考虑过它的碱基组成上的差异，即 DNA 中嘌呤碱基和嘧啶碱基的组成性质（用浮力密度来计算的）。但是，Biswas 和 Sarkar 用 8 种双子叶植物和 3 种单子叶植物来做碱基组成上的测定发现它们之间没有什么间断，它们的浮力密度几乎是接近的。因此，认为高等植物的 DNA 的碱基组成上对分类学可能没有什么价值。但是，也有另一种意见，即 Sylusorenko 等人认为碱基的组成与类群的特化程度有关。他们指出："系统发育上年幼的"类群碱基组成最高。例如，甲基胞嘧啶在百合目中最高。看来，这方面的意见并不一致，还需要进一步工作。不过，到目前为止从整体上来说碱基组成对植物分类学上意义不大，并不排斥有个别情况下可能有特殊的作用。例如，棉花属中 5 甲基胞嘧啶的组成的确是有意义的。另一种看来也是比较可靠的证据是关于 DNA 碱基顺序的研究。但是，测定核酸顺序的技术进展不大。目前发展的一种比较有希望的快速比较的方法就是 DNA 杂交。DNA 本来是以双螺旋体存在的，这两条链在加热到 100℃ 后迅速冷却，在这种条件下就可以互相分离，其分离的两条链在条件合适时又可以再度结合。这样，如果把不同个体得来的两条单链放在一起，假如它们之间的顺序相似，就可以在合适条件下结合，这就成了杂交的 DNA 螺旋体。把一个个体的 DNA 链用标记元素标记，那就很容易确定杂交的程度。然后通过测定平均热解离温度就可以估计到有几个碱基发生置换（平均热解离温度差 1℃，大约有1.5%的碱基置换）。例如，Goldberg 等人（1972）用南瓜属的 9 个种作了 DNA 的杂交试验。大致可看到两点：一是手掌瓜（C. palmata）是关系较远的一种，它是旱生型的，在遗传上是隔离的；另一是 C. lundelliana、西葫芦（C. pepo）和笋瓜（C. maxima）三个种在 DNA 的结构上是相似的。从数值上来讲 maxima-lundelliana（—，105），pepo-lundelliana（87，99）两者都比 pepo-maxima（82，87）要大。因此，可以认为 lundelliana

是向两叉分别分出 maxima 和 pepo。

到目前为止，DNA 在分类学上应用的研究还有很多不稳定的结果。这说明现在还需要进一步的探索。现在，技术上的困难极大地限制着它的成就，所以得出结论为时尚早。但人们还是在不懈地进行工作，这方面涉及的科有毛茛科、十字花科、豆科、锦葵科、茄科、菊科、禾本科、百合科和兰科。

三、展 望

近二十年来，化学分类学的确做了不少工作，也做出了相当的贡献。今后从化学分类学的发展来看，可能有如下几方面：

1. 小分子化合物在各类群中的分布仍然会吸引广大学者的兴趣。因为它对分类学可以提供相当有价值的资料，同时在扩大开发利用植物资源方面将起着重大的作用。

2. 由于小分子化合物的存在有一个是不是趋同演化的问题。因此，不能光检查末端产物。还必须检查它的生源路线。因此，今后，小分子化合物方面更应该重视它的生物合成路线的探索，因为它是受遗传因子控制的。因此，更反应客观的发展。

3. 大分子化合物的研究可能是今后化学分类学的重点所在，借助理化仪器的发展，分类学工作者将会做出更大的贡献。

参 考 文 献

Allan, R. D. et al. (1978) The Pesense of Quinones in the genus Cyperus as an aid to Classification. *Phytochemistry* (Oxf.) **17** (2) 263—266.

Aniol, A. A. (1974) Serological investigation of wheat evolution. *Z. Pflanzenzuecht* 73 (1—4) 194—203.

Bell, E. A. (1966) Amino acids and related compounds. In Swain, T. (Ed.) Comparative Phytochemistry, pp. 195—209, Acad. Press, London and New York.

Biswass, S. B. and Sarkar, A. K. (1970) Deoxyribonucleic acid base composition of some angiosperms and its taxonomic significance. *Phytochemistry*, 9: 2425—2430.

Boulter, D. and Derbyshire, E. (1971) Taxonomic aspects of the structure of legume proteins. In Harborne, J. B., Boulter, D. and Turner. B. L. (Ed.) Chemotaxonomy of the Leguminosae, pp-285—308. Acad. Press, London and New York.

Chester, K. S. (1937) A critiquer of plant serology. *Q. Rev. Biol.* 12: 19—46, 165—190, 294—321.

Crawford, D. J. and Julian, E. A. (1976) Seed protein profiles in the narrow-leaved species of Chenopodium of the western united states: Taxonomic values and comparison with distribution of flavonoid compounds. *Am. J. Bot.* **63** (3) 302—308.

Cristofolinin, G. (1977) Serological systematics of the tribe genisteae (Fabaceae). *Taxon*, **26** (1) 43—56.

Desborough, S. and Peloguin, S. J. (1969) Acid disc gel electrophoresis of tuber proteins from Solanum species. *Phytochemistry*, 8. 425—429.

Elek. S. D. (1948) The recognition of toxicogenic bacterial strains *in vitro*. *Br. Med. J.*, 1: 492—496.

Fowden, L. et al (1970) A comparative study of the amino acids and Phenylalanyl tRNA synthetases of *Aesculus* spp. *Phytochemistry*, 9 (11) 2349—2357.

Giannasi, D. E. (1978) Generic relationships in the Ulmaceae on flavonoid chemistry. *Taxon* **27** (4) 331—344.

Gibbs. R. D. (1974) Chemotaxonomy of Flowering Plants vols. I—IV, McGill-Queen's Univ. Press, Montreal and London.

Goldberg, R. B., Bemis, W, P. and Siegel, A. (1972) Nucleic acid hybridization studies within the genus *Cucurbita*. *Genetics*, 72: 253—266.

Grabar, P. and Williams, C. A. (1953) Méthode permethant létude conjuguée des propriétés electropho-

rétiques et immunochimiques dún mélange de proteines. *Biochim. Biophys. Acta.* **10**: 193—194.

Gray, J. C. (1977) Serological relationships of fraction I. proteins from species in the genus *Nicotiana. Plant Syst. Evol.* 128 (1—2) 53—70.

Hegnauer, R. (1962—1973) Chemotaxonomie der Pflanzen. Bd. I—VI. Birkhauser Verlag.

Kobrehel, K. and Gautier. M. F. (1974) Variability in peroxidase isozymes in wheat and related species. *Can. J. Bot.* **52** (4) 755—759.

Lee, D. W. and Fairbrothers, D. E. (1973) Enzyme differences between adjacent hybrid and parent populations of *Typha. Bull. Torrey Bot. Club.* **100**(1) 3—11.

Lee, D. W., Yap Kim Pin and Liew Foo Yew (1975) Serological evidence on the distincties of the monocotyledonous families *Flagellariaceae, Hanguanaceae* and *Joinvilleaceae. Bot. J. Linn.* Soc. **70**: 77—81.

Mabry, T. J. (1970) Infraspecific variati on of Sesquiterpene Lactones in *Ambrosia* (Compositae). in Phytochemical Phylogeny (Harborne, J. B. ed.) Acad. Press, London.

Nutall, G. H. F. (1901) The new biological test for blood in relation to zoological classification. *Proc. R. Soc.* B, **69**: 150—153.

Ouchterlony, O. (1948) *In vitro* method for testing the toxinproducing capacity of diphtheria bacteria. *Acta Path. Microbiol. Scand.* **25**: 189—191.

Oudin, J. (1956) Méthode d'analyse immunochimique par précipitation specfique in milleu gélifié. *C. R. hebd. Séanc. Acad. Sci.*, Paris, **222**: 116—117.

Reute, G. (1957) Die Hauptformen des loslichen Stickstoffs in vegetativen Pflanzlichen Speicherorganen und ihre systematishe Bewertbarkeit. *Flora*, Jena, **145**: 326—338.

Romeike, A. (1978) Tropane alkaloids: Occurrence and systematic importance in angiosperms. *Bot. Not.* **131** (1) 85—96.

Rouge, P. and Lascombes, S. (1977) Immunological study on the taxonomic position of Abrus precatorius. *Bull. Soc. Bot. Fr.* 124 (1/2) 85—92.

Seaman, F. C. and T. J. Mabry (1979) Seaquiterpene Lactones and species relationships among the shrubby *Ambrosia* Taxa. *Biochem. Syst. Evol.* 7 (2) 105—114.

Smith, P. M. (1977) The chemotaxonomy of plants. Edward Arnold 313p.

Sylusorenko, A. G., L. S. Popov, A. S. Antonov, and A. N. Belozerskii, (1972) Nucleotide composition of DNA of certain members of the class Liliatae. *Dokl. Akad. Nauk.* SSSR **205**: 727—730.

Zuckerkandl, E. and Pauling, L. (1965) Molecules as documents of evolutionary history. *J. Theory. Biol.* 8: 357—366.